

SCGE 分析における輸送サービス需要のモデル化

首都大学東京大学院 都市環境科学域 都市基盤環境学域

18851519 佐々木武志

指導教員 石倉 智樹 准教授

目次

1	序論	3
1.1	はじめに	3
1.2	研究背景・目的	3
2	既存の SCGE モデルにおける輸送・交通の取扱	6
2.1	交通整備効果評価への SCGE モデル適用の経緯	6
2.2	iceberg 型輸送費用に基づく方法およびその類似型	6
2.3	交通改善を生産性向上として表現する方法とその問題点	7
2.4	iceberg 型輸送費用モデルに対する批判と特徴の再考	8
3	モデルの枠組み	11
3.1	財の生産	11
3.2	家計の消費	14
3.3	輸送サービスの生産	15
3.4	財市場と要素市場の均衡	17
4	モデル構築	20
4.1	モデルの前提条件	20
4.2	財生産	20
4.3	家計消費	23
4.4	輸送サービス生産	25
4.5	市場均衡条件式	28
5	数値分析	30
5.1	仮想データによる iceberg 型モデルとの比較	30
6	まとめ	51
6.1	結論	51
6.2	今後の検討課題	51
7	付録	56

第1章 序論

目次

1.1	はじめに	3
1.2	研究背景・目的	3

1 序論

1.1 はじめに

社会資本整備は国や各都道府県などが公共事業として行うものであり、適切な経済効果の分析を行った上で入念な計画を行う必要がある。この経済効果の分析手法として、事業による経済効果を定量的に評価することが可能な費用便益分析が広く用いられている。

しかし費用便益分析は部分均衡分析である。部分均衡分析は1つの財の市場均衡について考えるものとなっているため、詳細な分析を行うことが可能な一方で複数の財市場については考慮することが出来ない。つまり、本来は道路整備事業を行い地域間の移動所要時間が短縮された場合、輸送にかかるコストも減少し各地域での財の価格や賃金率にも変化があると考えられるが、部分均衡分析である費用便益分析では移動所要時間短縮のみを考慮した分析になってしまうという課題があった。

そこで現在、空間的应用一般均衡 (SCGE:Spatial Computable General Equilibrium) モデルの開発が進められている。部分均衡理論に基づいて分析を行う費用便益分析に対し、SCGE モデルでは一般均衡理論に基づいて分析を行うため、事業による間接的な効果や事業対象地域内部の経済効果を比較することが可能である。これは社会資本整備を計画する上で、便益以外のストック効果評価という観点から非常に大きな利点となる。

以上から、SCGE モデルの実用化に向けた研究は非常に意義のあるものと言える。

1.2 研究背景・目的

SCGE モデルのおおまかな枠組みとして、まず産業連関表のデータをもとに財の生産者行動、家計の消費行動をモデル化し、行動に関するパラメータを設定する。次に交通インフラ整備による輸送技術・費用の変化を外生的に与えることによって、交通インフラ整備の経済効果を推定する。

インプットとして与えるデータは、地域間産業連関表、各地域間の輸送マージン (輸送所要時間等を用いて定義する)、交通インフラ整備による輸送技術・費用の変化。アウトプットとして得られるのは、財の生産地価格、各地域の要素価格、財の供給量であり、これらの値を用いることにより、財の取引額の推定値を算出することができる。

つまり、交通インフラ整備政策の評価に用いる SCGE モデルでは、政策がもたらす輸送技術・費用の変化を明示的に考慮する必要がある。その代表的な方法の一つに、iceberg 型輸送費用概念を用いる SCGE 構築手法があり、膨大な研究実績がある。

iceberg 型輸送費用概念とは、財 i の生産地での1単位の価格を p としたときにその財の輸送費を財 i の価格の関数で表現し、交易財への支払いと輸送費に対する支払いの総額が交易財生産地の生産額となる考え方である。以下の図参照

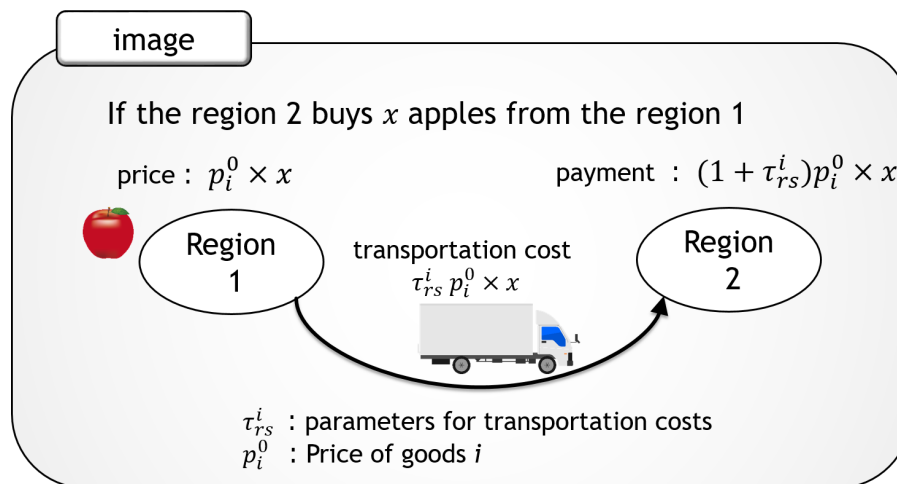


図1 iceberg image

この iceberg 型輸送費用概念は，モデルの取り扱いが容易であり，地域間の輸送費用変化をきめ細かに表現できるという利点がある一方，その仮定が分析結果にもたらしうる様々な問題点が指摘されている．

本研究は，膨大な研究実績がある iceberg 型輸送費用概念に基づく SCGE モデルの利点を維持しつつ，従来指摘されていた問題点を改善することを目指し，輸送サービスの生産技術を交易財生産の技術と独立に扱い，かつ各 OD の輸送費の異質性が反映されるモデル化技法を開発する．

第2章 既存のSCGEモデルにおける輸送・交通の取扱い

目次

2.1	交通整備効果評価へのSCGEモデル適用の経緯	6
2.2	iceberg型輸送費用に基づく方法およびその類似型	6
2.3	交通改善を生産性向上として表現する方法とその問題点	7
2.4	iceberg型輸送費用モデルに対する批判と特徴の再考	8

2 既存の SCGE モデルにおける輸送・交通の取扱

2.1 交通整備効果評価への SCGE モデル適用の経緯

CGE モデルの多国・多地域モデルへの拡張は、国際貿易の分野において先駆的に進められた [1]。貿易の分析においては、輸出入税の影響が焦点となるものの、財の空間的な輸送の費用は捨象されている。

多地域の CGE モデルにおいて地域間の輸送に要する輸送サービス・費用を SCGE モデルにおいて明示的に扱ったモデル化は、交通整備評価への適用を目的とした Buckley[2] に始まる。以降、運輸交通政策への SCGE 適用が活発に行われ、Bröcker and Mercenier[3] は SCGE モデルの発展や、基本的な定式化について解説している。Ivanova[4] は、交通政策評価への実務的適用に用いられた SCGE モデルについて詳細なレビューを整理している。わが国の土木計画学分野における、SCGE モデルによる交通プロジェクト評価に関する最近の研究に関しては、小池ら [5] のレビューが参考となる。

交通プロジェクト評価への適用を目的とする SCGE モデルに共通する特徴としては、多地域経済システムを明示的に考慮したという点、および何らかの形で交通整備を外生変数の変化として入力できるように設計されているという点である。しかし、モデルの中で地域間の輸送に要する費用を表現する方法、交通整備プロジェクトによる輸送環境改善を表現する方法には、モデリング技術の相違点が見られる。これまでの SCGE モデルのレビューは、適用対象、地域分類や産業部門分類、想定されている市場環境（完全競争 vs 不完全競争）などの視点による整理が中心である。これに対し本稿は、モデル分析における交通システムの改善の描写方法に着目して、既存の SCGE モデルを整理する。

2.2 iceberg 型輸送費用に基づく方法およびその類似型

Buckley[2] は、完全競争市場と Armington 仮定に基づき生産地を差別化して地域間交易を扱う標準的なモデルであり、地域間交易において Leontief 型関数により、完全補完的に一定の輸送サービスが消費されるように想定されている。Buckley[2] の方法は、生産地と需要地のペアに対して輸送投入需要が考慮されているという意味では、iceberg 型輸送費用コンセプトによるモデル化の原点と言える。

Bröcker[6] は、iceberg 型輸送費用コンセプトに基づき、地域間交易に要する輸送費用削減政策を評価するための SCGE モデルの理論的枠組みの設計、および限られた利用可能なデータからのモデル設計法を解説し、以降の iceberg 型輸送費概念を利用した SCGE モデルの発展に大きな影響を与えた。わが国では、宮城・本部 [7]、宮城 [8] によって iceberg 型輸送費用のタイプ^{*1}による SCGE モデルが開発され、土木計画分野においても導入が進んだ。

iceberg 型輸送費用コンセプトを基礎として構築された SCGE モデルは、欧州における交通プロジェクト評価への適用において多く見られる。Bröcker[9] を発展させて構築された CGEurope モデル [10] は、TEN-T(汎欧州運輸ネットワーク) 構想のプロジェクト毎の効果を計測している。オランダの TNO によって開発された RAEM[11] も、CGEurope モデルと類似した枠組みで輸送抵抗が扱われており、モデルのバージョンも更新され続けている [12]・[4]。RAEM は、オランダ国内の鉄道整備プロジェクト評価への適用に始まり、ベルギー、ノルウェー、ロシア、EU などの

^{*1} 宮城・本部 [7] は、厳密には iceberg 型モデルではなく、仮設的交易業者が設定する輸送マージンとして輸送費がモデル化されている。

交通プロジェクトにも適用 [4] された。欧州委員会 (EC) では、交通政策以外も含む汎用的な政策評価を目的とした大規模な SCGE モデルである RHOMOLO を開発 [13] している。RHOMOLO は CGEurope と同様の構造であるが、産業部門をより細分化し労働移動を精緻に扱うことで、Cohesion(経済結合) 政策の評価を指向したモデル化となっている。

わが国では、文 [14] を基に、小池・川本 [15]、小池ら [16]、Koike et al.[17] によって構築された RAEM-Light による地域交通政策評価の適用事例が蓄積 [18]・[19]・[20]・[21] している。RAEM-Light は、先述の RAEM の操作性を向上させ、小規模の交通プロジェクトや短期的な影響評価への応用が容易となるように設計されたモデルである。石倉 [22] は、日中地域間産業連関表を基準均衡データとして用い、国際間輸送と国内地域間輸送に要する輸送費を明示的に考慮し、港湾政策と国内交通政策を同時に評価可能な SCGE モデルを構築した。石倉、吉川 [23] は、CGEurope や RAEM と同様に独占的競争を導入した SCGE モデルを構築し、関東における市町村単位の地域分割単位で道路整備プロジェクトの評価を可能とする枠組みを提案している。

これらの iceberg 型輸送費用コンセプトの系統に含まれる SCGE モデルは、モデルが対象とする経済システムの空間的範囲内において、局地的な交通プロジェクトの評価への適用を前提としていることで共通している。

2.3 交通改善を生産性向上として表現する方法とその問題点

SCGE モデルにおいて交通整備効果分析を実施するもう一つの主要なアプローチとして、交通費用を明示せず、交通整備が産業部門の生産性向上に寄与することと考えて輸送システムの影響を表現するタイプがある。この類型に含まれる代表的な研究は、Kim et al. (2004)[25]、Kim and Hewings (2009)[28]、Haddad et al. (2015)[30] などである。

Kim et al. [25] と Kim and Hewings [28] は、韓国における高速道路整備の効果を推定するため、交通費用を明示しない SCGE モデルと、SCGE モデルとは独立に構築された交通ネットワークモデルを組み合わせた分析手法を採用している。具体的には、ネットワーク配分モデルを含む交通需要モデルを用いて交通整備前後の交通条件（地域間所要時間や交通サービス水準）を算出し、これを地域人口による重み付けを考慮したアクセシビリティ指標の変化として換算することで、SCGE モデルにおける外生的な交通条件変化を表現している。アクセシビリティの向上は、地域産業の生産性向上に寄与するよう定式化されている。

Haddad et al.[30] は、サンパウロにおける都市交通整備による広域的な経済効果を評価するために SCGE モデルを適用しており、交通モデルから算出した交通サービス水準の変化を当該都市の財生産効率性向上へと換算する手法を採用している。

Haddad and Hewings[26] は、交通社会資本整備が輸送部門の生産効率性向上を通じて輸送価格を低下させるようモデル化し、ブラジルにおける交通整備の効果を SCGE モデルにより評価した。輸送部門の価格低下により、それを投入する財部門の生産費用も低下することで、波及的な効果が表現されている。この方法は、交通整備が直接的に財生産部門の生産性を変化させるのではなく、輸送部門の生産性向上を通じて他産業部門の費用構造へ影響するという点で、先述の生産性向上のタイプと異なる。

交通改善を生産性向上として表現する方法では、全要素生産性の向上がなぜ交通整備（アクセシビリティ向上）によってもたらされるかの説明がなくブラックボックス化されるため、ミクロ経済的基礎を欠くという課題がある。

交通整備による生産活動への影響としては、投入される時間資源の節約（所要時間短縮）と純粋な全要素生産性向上の、両方の可能性が考えられるが、この手法では両者が混同して評価される

こととなる。さらに、時間資源節約の効果に関しては、交通システムがネットワークという特徴を持つ以上、交通整備の影響は OD 単位で大きく異なる。にもかかわらず、これを生産性向上効果のみで捉える手法では、生産地という一点での集計値に置き換えられるため次元が低下し、OD 別の時間資源節約効果の情報が喪失することとなる。

特に、輸送時間短縮の変化率とヒックス中立型で定式化された全要素生産性向上率が等価と仮定する方法 [33] は、理論的には交通所要時間のみを生産要素とする生産技術を仮定していることと同義であり、注意が必要である。このように理論的にも実証的にも支持論拠がない ad-hoc な定式化は、空間的な便益分布の計測精度に問題があるばかりでなく、総便益も極めて過大に計測される恐れがある。

2.4 iceberg 型輸送費用モデルに対する批判と特徴の再考

前章では、SCGE モデルにおいて地域間交通整備を表現する方法の代表例として、iceberg 型輸送費用モデルと、生産性向上を考慮するモデルを挙げた。iceberg 型輸送費用コンセプトは、交易される財の生産地と需要地に対して外生的な輸送マージンを設定するものであり、物流の側面から見ると OD 間の輸送費用を外生条件と考えることに他ならない。交通整備プロジェクトは、整備対象のリンクを含む OD ペアの輸送抵抗（一般化費用）軽減に対して直接的に寄与するものであるため、iceberg 型輸送費用コンセプトは、交通整備による外的条件変化を（空間的な視点からは）妥当に捉えた表現方法と言える。

しかし、その一方で、輸送システムの表現方法としては、いくつかの批判がなされている。例えば、Tavasszy et al.[31] は、“The iceberg approach implicitly assumes that the transport of goods is produced in the sameway as the product transported.” と述べている。これは、輸送される財の生産費用構造と同一の費用構造で財の輸送サービスが提供されるということを指摘しており、すなわち財生産と財輸送の技術が等しく扱われていることを問題視^{*2}している。

宮城 [32] も同様に、輸送部門の投入算出構造が無視される点を指摘しているが、加えて、“輸送マージンの減少は輸送部門の生産減少”を意味し、“輸送改善により企業が享受する便益と引き換えに輸送部門はマージンの損失分をすべて受け持つ”とも述べている。これに関連する批判として青木ら [33] は、“どのようなメカニズムにより時間短縮が輸送に相当する財消費の節約につながるのかは説明されていない。運輸部門が明示化されていないため交通生産への影響も考慮されていない”と指摘している。これらの批判は、運輸部門が明示的に扱われないことにより、運輸部門の付加価値も捨象されていることを暗に問題視している。

しかし、最近の研究において山崎ら [34] は、運輸部門の付加価値が明示的に分離されないこと自体は、帰着便益への影響がきわめて微小であることを示している。これは、iceberg 型輸送費用概念では、交易財部門の生産活動に運輸アクティビティが内包されており、被輸送財生産の付加価値に運輸部門の付加価値が含まれるためであるが、上記の批判においては見落とされていた特徴である。一方で、Tavasszy et al.[31] が指摘する、財生産と輸送サービス生産の技術を同一視することの問題については、財生産額変化に着目する場合には無視できない影響が生じうることも示された。瀬木ら [35] は、輸送サービスの生産と、地域間の財取引に要する輸送サービス需要を明示的に考慮する手法を提案し、iceberg 型輸送費用モデルとの挙動比較を行った。ここでも、iceberg 型輸送費用モデルを採用することによる地域別帰着便益への影響は小さいことが示されているが、輸送産業の生産量や輸送産業への投入が多い（燃料など）部門の生産量の変化に着目す

^{*2} ただし、産業部門を分類しない 1 部門モデルならば、産業部門間の技術差が生じないので、理論上では問題がないとも指摘している。

る場合には、バイアスが大きいことを明らかにした。

また、瀬木ら [35] は iceberg 型輸送費用モデルの問題を軽減しうる、輸送部門明示化モデルを提案しているが、輸送費の負担者を仮定する必要があるなど、利用可能な実データから容易に構築できる枠組みとは言い難い。そこで本研究では、瀬木ら [35] と類似した輸送サービス生産技術・需要構造を採用しつつ、最終的に利用される輸送サービスの単位費用を地域間で無差別化することにより、産業連関表から容易に得られる情報のみで輸送サービス部門を明示化したモデルを構築する手法を検討する。

第3章 モデルの枠組み

目次

3.1	財の生産	11
3.2	家計の消費	14
3.3	輸送サービスの生産	15
3.4	財市場と要素市場の均衡	17

3 モデルの枠組み

3.1 財の生産

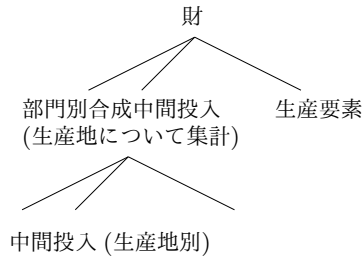


図2 財生産技術の階層構造

地域 s 産業 j で生産される財 y_{sj} の生産技術ツリー構造を,

$$y_{sj} = f_{sj}^t(\mathbf{x}_{sj}, v_{sj}) \quad (1)$$

$$x_{sij} = g_{sij}^t(\mathbf{x}_{rsij}) \quad (2)$$

のように想定する。ここで, x_{rsij} は, 部門 j 地域 s の生産において投入される地域 r 産, 部門 i の中間財投入である^{*3}。

この生産技術は, 上位階層では財部門別合成中間財投入と生産要素投入が合成されて財が生産され, 下位階層では生産地ラベル別の中間財が投入されてそれぞれの部門別合成中間財が構成されることを想定したものである (図2)。

地域 s 産業 j の費用関数 C_{sj} は

$$C_{sj} = \tilde{f}_{sj}^t(\mathbf{P}_{sij}^t, w_s, y_{sj}) \quad (3)$$

であり, 当該地域当該部門における合成中間投入財 i の価格指数 P_{sij}^t は,

$$P_{sij}^t = \tilde{g}_{sij}^t(\mathbf{p}_{rsi}^t) \quad (4)$$

である。

^{*3} ボールド体はベクトル・行列を表し,

$\mathbf{x}_{sij} = (x_{s1j}, \dots, x_{sIj})$, $\mathbf{x}_{rsij} = (x_{1sij}, \dots, x_{Rsj})$,

$\mathbf{P}_{sij} = (P_{s1j}, \dots, P_{sIj})$, $\mathbf{p}_{rsi} = (p_{rsi}, \dots, p_{Rsi})$ である。

ここでシェパードの補題を適用すると、生産地別の中間財投入需要は、

$$x_{rsij} = \frac{\partial C_{sj}}{\partial P_{sij}^t} \frac{\partial P_{sij}^t}{\partial p_{rsi}^t} \quad (5)$$

のように得られる。 p_{rsi}^t は、需要地地域 s における、 r 地域産 i 財の需要地価格である。

ここで、生産地別中間財の需要に際し、生産地と需要地の空間的関係に依存して、“非代替的に” 輸送サービス消費が必要とされ则认为る。 t_{rsij} は、 x_{rsij} の合成中間財を構成するために投入される輸送サービス量を表し、

$$t_{rsij} = \tau_{rsi} x_{rsij} \quad (6)$$

の関係を仮定すると、 $\tau_{rsi} = \frac{t_{rsij}}{x_{rsij}}$ より、 τ_{rsi} は生産地別中間財需要における輸送サービスに関する投入係数として解釈できる。

τ_{rsi} は、財 i の地域 rs 間交易における輸送抵抗に依存するものであり、例えば、地域 rs 間一般化所要時間 d_{rs} に対して、

$$\tau_{rsi} = \theta_i (\ln d_{rs})^{\phi_i} \quad (7)$$

のような関数形 (θ_i, ϕ_i は適当なパラメタ) が考えられる。この形式は、iceberg 型輸送費用概念のモデルにおいて想定される輸送マージンの関数形としても利用されるものである。

需要地において中間財を需要するためには輸送サービスの消費が不可避であるので、1 単位の財を需要するにあたり、財の生産地価格 p_{ri} に加えて単位財需要に必要な輸送サービスへの対価も支出する必要がある。したがって、中間財需要に要する支出額は、

$$p_{rsi}^t x_{rsi} = p_{ri} x_{rsi} + \pi t_{rsij} \quad (8)$$

であり、両辺を x_{rsi} で除すことにより、

$$\begin{aligned} p_{rsi}^t &= p_{ri} + \pi \frac{t_{rsij}}{x_{rsij}} \\ &= p_{ri} + \pi \tau_{rsi} \end{aligned} \quad (9)$$

の関係が得られる。すなわち、需要地価格 p_{rsi}^t は、生産地価格に輸送サービス消費に要する単位費用を加えた値として示される。ここで、 π は輸送サービス 1 単位の価格である。

ただし、 p_{ri} は中間財供給者へ支払われ、 $\pi\tau_{rsi}$ は輸送サービス供給者へ支払われる点に注意が必要である。

生産地と需要地の間の取引額に着目すると、式 (5) (8) より、

$$p_{rsi}^t x_{rsi} = (p_{ri} + \pi\tau_{rsi}) \frac{\partial C_{sj}}{\partial P_{sij}^t} \frac{\partial P_{sij}^t}{\partial p_{rsi}^t} \quad (10)$$

となる。

3.2 家計の消費

家計の効用関数は、付加価値投入を除き生産技術と同様に、上位階層では財部門間代替、下位階層では同一部門財の生産地間代替表現される階層的な構造を想定する (図 3)。

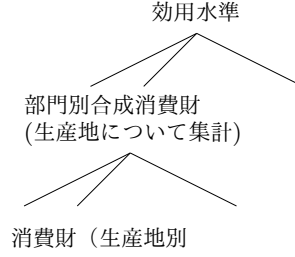


図 3 効用関数の階層構造

家計消費需要についても同様に、需要地 s における r 地域産財 i の消費 c_{rsi} のために輸送サービス t_{rsi}^c が必要とされ、その関係を

$$t_{rsi}^c = \tau_{rsi} c_{rsi} \quad (11)$$

と想定する。したがって、輸送サービス消費も含めた消費財の需要地価格は、

$$\begin{aligned} p_{rsi}^{c,t} &= p_{ri} + \pi \frac{t_{rsi}^c}{c_{rsi}} \\ &= p_{ri} + \pi \tau_{rsi} \\ &= p_{rsi}^t \end{aligned} \quad (12)$$

となり、中間投入における需要地価格形成と同様となる。

また、地域 s における家計の支出関数を E_s と表すと、上位階層ヘシェパードの補題を適用すると、

$$c_{rsi} = \frac{\partial E_s}{\partial p_{rsi}^{c,t}} = \frac{\partial E_s}{\partial P_{si}^t} \frac{\partial P_{si}^t}{\partial p_{rsi}^{c,t}} \quad (13)$$

となる。ただし、 P_{si}^t は地域 s における部門 i 合成消費財の価格指数を表す。

3.3 輸送サービスの生産

各地域 r の輸送サービス要素部門の生産を集計して、全地域にわたって輸送サービスを供給する不在輸送サービス部門が総輸送サービスの集計量 T を生産すると考える。

$$T = \tilde{h}(\mathbf{y}_r^e) = \tilde{h}(\mathbf{y}_r^e) \quad (14)$$

この例として、コブダグラス型技術を想定すると、

$$T = \tilde{\xi} \prod_r (y_r^e)^{\gamma_r} \quad (15)$$

であるので、総輸送サービス生産の費用最小化問題

$$\min_{y_r^e} C^T = \sum_r (p_r^e y_r^e) \quad (16)$$

s.t.

$$T - \tilde{\xi} \prod_r (y_r^e)^{\gamma_r} = 0 \quad (17)$$

を解くと、輸送サービス要素の投入需要は、

$$y_r^e = \left\{ \frac{\gamma_r}{p_r^e} \xi \prod_s \left(\frac{p_s^e}{\gamma_s} \right)^{\gamma_s} \right\} T \quad (18)$$

であり、単位費用関数すなわち輸送サービスの価格は、

$$\pi = \xi \prod_s \left(\frac{p_s^e}{\gamma_s} \right)^{\gamma_s} \quad (19)$$

となる。

総輸送サービスの需給は、

$$T = \sum_i \sum_r \sum_s \left(\sum_j t_{rsij} + t_{rsi}^c \right) \quad (20)$$

のようにバランスする.

3.4 財市場と要素市場の均衡

3.4.1 要素市場

各地域の生産要素賦存量は固定されている。費用関数にシェパードの補題を適用すると、地域別部門別生産要素需要が得られるので、その地域計と各地域の生産要素供給とのバランス式として、要素市場均衡が描写される。

$$\sum_j (v_{sj}) + v_s^e = \sum_j \left(\frac{\partial C_{sj}}{\partial w_s} \right) + \frac{\partial C_s^e}{\partial w_s} = L_s \quad \forall s \quad (21)$$

3.4.2 財市場

財市場の均衡は、中間投入需要と最終需要を産業部門および需要地について集計した総需要と、生産額とのバランスとして表される。ただし、議論の複雑化を避けるため、対象とする経済システムが閉鎖経済であり、域外との経済的取引が存在しないことと仮定^{*4}する。

$$p_{ri} y_{ri}^t = p_{ri} \sum_s \left\{ \left(\sum_j x_{rsij}^0 \right) + x_{rsi}^e + c_{rsi}^0 \right\} \quad (22)$$

x_{rsi}^e は、地域 s における輸送サービス要素供給部門による財 i の中間投入を表す。

3.4.3 輸送サービス市場

価値タームでの需給均衡条件は、

$$\pi T = \pi \sum_i \sum_r \sum_s \left(\sum_j t_{rsij} + t_{rsi}^c \right) \quad (23)$$

であるが、 t_{rsij} と t_{rsi}^c は式 (6) および式 (11) により与えられる。

各地域における輸送サービス要素の生産技術については、他の財と同様の技術（生産ツリー）を想定する。輸送サービス要素は、不在輸送サービス部門のみが必要するため、

$$\pi T = \sum_s (p_s^e y_s^e) \quad (24)$$

も成立する。

^{*4} 実データに適用するモデルにおいては域外経済との取引を表現することも可能である。

3.4.4 地域収支

各地域の要素所得と消費支出の差が地域収支となり，その全地域合計はゼロ（閉鎖経済なので）となる．

$$E_s = \sum_j (w_s v_{sj}) + w_s v_s^e - p_N N_s \quad (25)$$

$$p_N \sum_s N_s = 0 \quad (26)$$

ここで p_N はニューメレールとして選んだ財または要素の価格であり，モデル内の任意の価格変数を設定することができる． N_s は基準均衡においてニューメレール価格で測った域際収支差額の実質量であり，外生的に固定された値として扱う．

第4章 モデル構築

目次

4.1	モデルの前提条件	20
4.2	財生産	20
4.3	家計消費	23
4.4	輸送サービス生産	25
4.5	市場均衡条件式	28

4 モデル構築

本章では、3章の枠組みに沿って本研究で用いるモデルを構築する

4.1 モデルの前提条件

- $R, J \cdots$ それぞれ地域数, 財部門数を示す.
- $r, s \cdots$ 地域を示す.
- $i, j \cdots$ 財部門を示す.
- $e \cdots$ 輸送サービスを示す.
- 生産要素は労働のみとし, 地域間の移動は無いものとする.
- 家計は企業に労働を提供することによって所得を得て, その所得を全て財の購入に当てるものとする.
- 輸送サービスは, 不在地域 R_t が各地域の輸送要素を投入して生産する

4.2 財生産

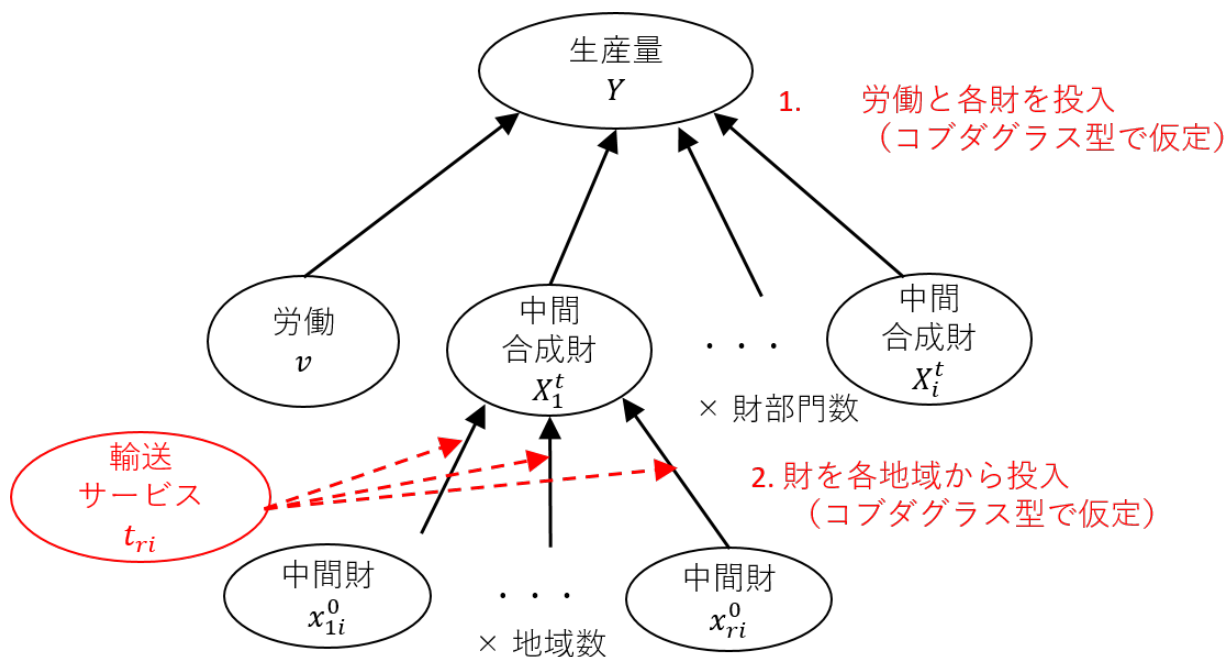


図4 財の生産構造

地域 s における財 j の生産は, 中間合成財 X_{sij}^t , 生産要素 v_{sj} の投入によって行われることとし, 中間合成財は各地域からの中間財 x_{rsij}^t の投入によって生成される. またここで, 中間財の投入には輸送サービス t_{rsij} の投入が必要であり, raw 中間財 x_{rsij}^0 に輸送サービスを合成したものを中間財として投入する.

ここで, 上付き文字 t は輸送を含み, 0 は輸送を含まないものとし, X_{sij}^t : 地域 S での財 j 生産時に需要される財 i の中間合成財の量, v_{sj} : 地域 S での財 j 生産時に需要される労働量, x_{rsij}^t : 地域 s

での財 j 生産時に需要される地域 r の中間財 i の量（需要地）, x_{rsij}^0 : 地域 s での財 j 生産時に需要される地域 r の中間財 i の量（生産地） t_{rsij} : 地域 s で財 j を生産するために地域 r の財 i を需要するために必要な輸送サービス投入量, とする.

まず財の生産関数をコブダグラス型で仮定し, 費用最小化.

$$\min. \sum_i^J (PI_{sij}^t X_{sij}^t) + w_s v_{sj} \quad (27)$$

$$s.t. y_{sj}^t = \eta_s^j \left\{ \prod_i^J (X_{sij}^t)^{\gamma_i} \right\} (v_{sj})^{\gamma_{J+1}} \quad (28)$$

PI_{sij}^t : 中間合成財 X_{sij}^t の価格指数, w_s : 地域 s の賃金率, η_s^j : 効率パラメータ, γ_i, γ_{J+1} : シェアパラメータ

また, 中間合成財の生産関数もコブダグラス型で仮定し, 費用最小化.

$$\min. \sum_r^R (p_{rsi}^t x_{rsij}^t) \quad (29)$$

$$s.t. X_{sij}^t = \eta_s^{ij} \prod_r^R (x_{rsij}^t)^{\gamma_r} \quad (30)$$

p_{rsi}^t : 地域 s で地域 r 産の財 i を需要する際の需要地価格
上の定式化より, 地域 s における財 j の費用関数 C_{sj}^t は

$$C_{sj}^t = \frac{1}{\eta_s^j} \left\{ \prod_i^J \left(\frac{PI_{sij}^t}{\gamma_i} \right)^{\gamma_i} \right\} \left(\frac{w_s}{\gamma_{J+1}} \right)^{\gamma_{J+1}} \quad (31)$$

と表すことができる. またここでシェパードの補題を適用すると, 中間財の投入需要は,

$$x_{rsij}^t = \frac{\partial C_{sj}^t}{\partial PI_{sij}^t} \frac{\partial PI_{sij}^t}{p_{rsi}^t} \quad (32)$$

で得ることができる.

次に中間財の輸送費について考える. 生産地, 需要地で財の総量は変化しないため, 以下の式が成り立つ.

$$x_{rsij}^t = x_{rsij}^0 \quad (33)$$

ここで，地域 r から地域 s へ財 i を輸送する際の輸送サービス投入係数を τ_{rsi} とすると，輸送サービス投入量は以下の式，及び図で表現できる．

$$t_{rsij} = \tau_{rsi} x_{rsij}^0 \quad (34)$$

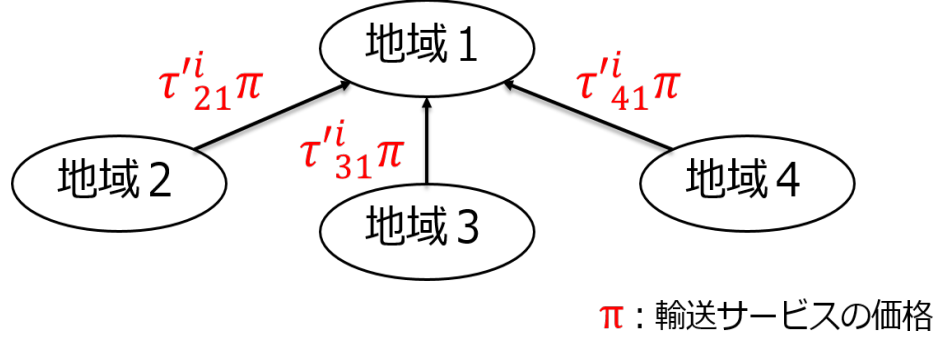


図5 輸送費用の定式化

(34) より，輸送サービスの価格指数を π とすると財 i の需要地 s の支払総額と生産地 r の供給額の間には以下の式が成り立つ．

$$p_{rsi}^t x_{rsij}^t = (p_{rsi}^0 + \pi \tau_{rsi}) x_{rsij}^0 \quad (35)$$

(33)(35) より，財 A の需要地価格と生産地価格の間には以下の関係式が成り立つ．

$$p_{rsi}^t = p_{ri}^0 + \pi \tau_{rsi} \quad (36)$$

また輸送サービス投入係数については財，地域に依存する外生パラメータとして扱い，以下の式で定式化する．

$$\tau_{rsi} = \theta^i (d'_{rs})^{\phi_i} \quad (37)$$

d'_{rs} : 輸送マージン (移動所要時間の対数), θ^i , ϕ_i : 財 i に関するパラメータ

4.3 家計消費

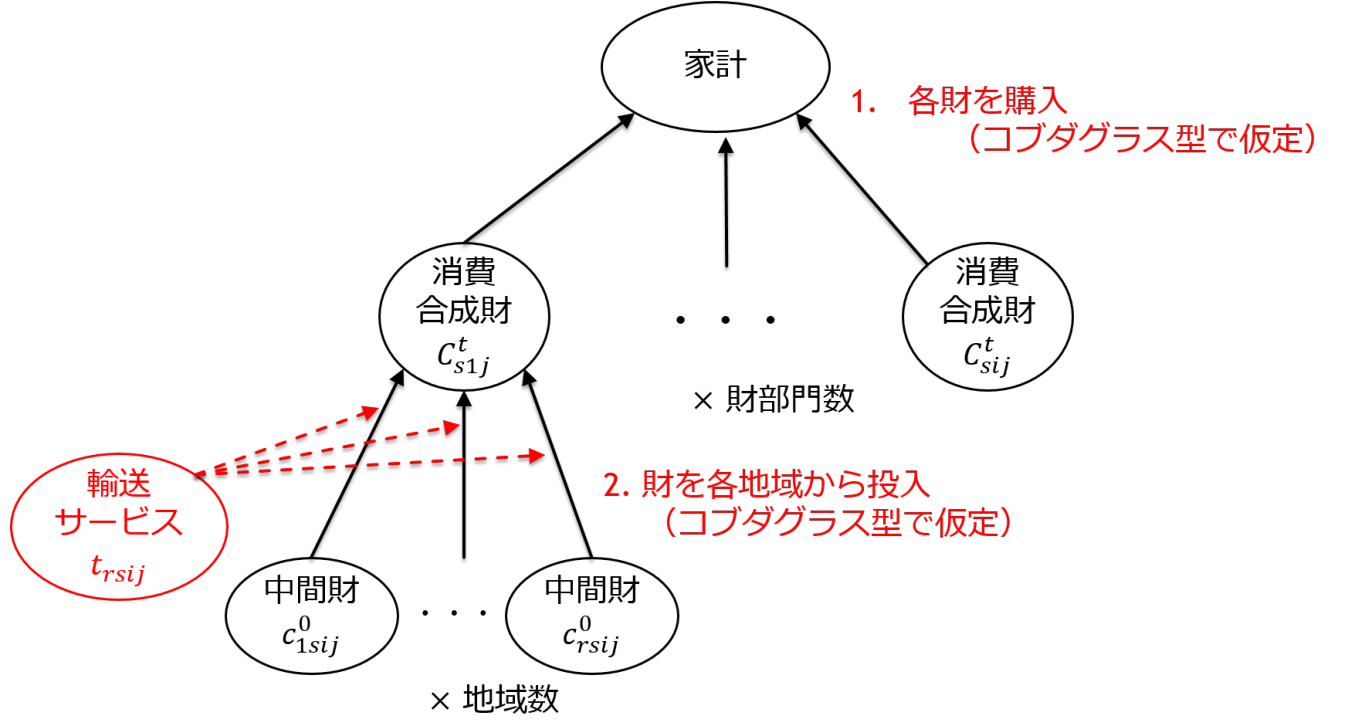


図 6

家計は、労働の対価として得た所得で自地域、他地域から財を購入し、自身の効用を最大化する。また、財の生産と同様に raw 消費財 d_{rsj}^0 に輸送サービスを投入し、消費財を合成して消費合成財 D_{sj}^t を生成して家計は生成された消費合成財を購入する構造とする。

地域 s の効用 U_s をコブダグラス型で仮定すると、以下の予算制約化での効用最大化問題として解くことができる。

$$\max. U_s = \epsilon \prod_j \left(D_{sj}^t \right)^{\gamma_j} \quad (38)$$

$$s.t. \sum_j (PF_{sj}^t D_{sj}^t) = \sum_j (w_s v_{sj}) + w_s v_{se} - N_s \quad (39)$$

PF_{sj}^t : 地域 s で消費される財 j の消費合成財の価格指数, v_{se} : 地域 s において輸送サービスに投入する労働量

また、消費合成財 D_{sj}^t の生産についてもコブダグラス型で仮定すると、以下の費用最小化問題となる。

$$\min. \sum_r^R (p_{rsj}^t d_{rsj}^t) \quad (40)$$

$$s.t.D_{sj}^t = \eta_s'^d \prod_r^R \left(d_{rsj}^t\right)^{\gamma_r} \quad (41)$$

d_{rsj}^t :地域 s で需要される地域 r 産の財 j の量
 ここで，財生産の際と同様に，

$$p_{rsj}^t = p_{rj}^0 + \pi \tau_{rsj} \quad (42)$$

が成り立ち，地域 s の家計の支出関数を E_s^t とすると，消費財の需要はシェパードの補題を適用することにより

$$d_{rsj}^t = \frac{\partial E_s^t}{\partial PF_{sj}^t} \frac{\partial PF_{sj}^t}{p_{rsj}^t} \quad (43)$$

で得ることができる．

4.4 輸送サービス生産

輸送サービスは、不在地域 R_i が各地域で生産された輸送要素を投入して生産する。

4.4.1 各地域の輸送要素生産

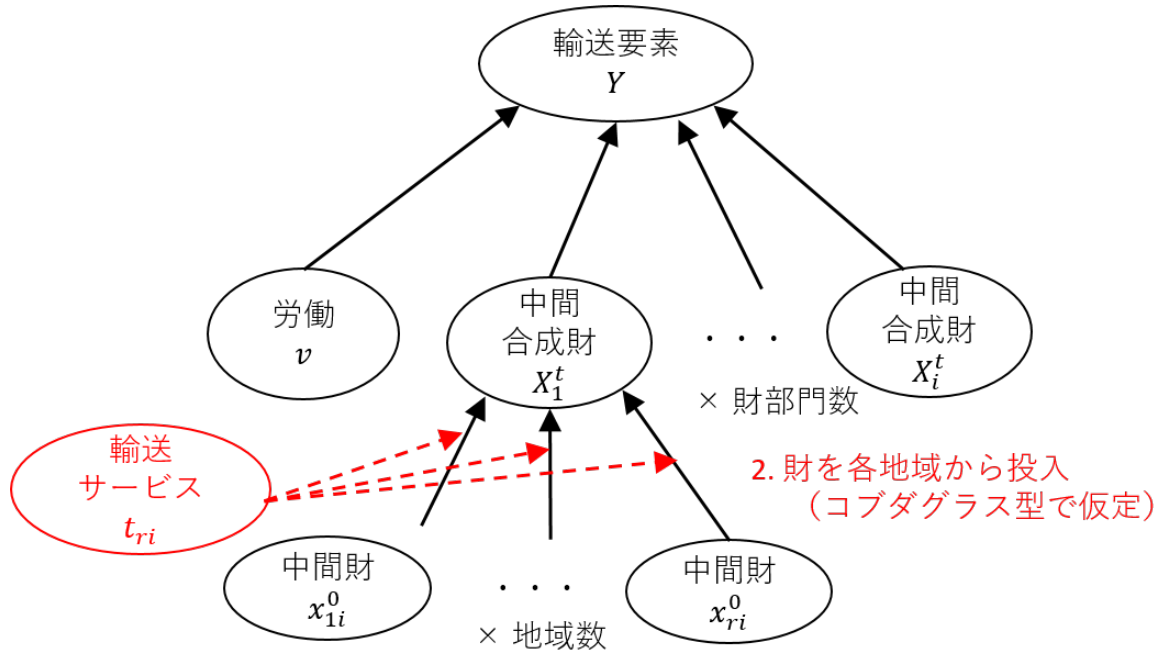


図7 輸送要素生産構造

各地域での輸送要素の生産関数をコブダグラス型で仮定し、財の生産と同様中間合成財と労働を投入し生産されるものとして扱う。

$$\min. \sum_i^J (PI_{sie}^t X_{sie}^t) + w_s v_{se} \quad (44)$$

$$s.t. y_{se}^t = \xi_s^{te} \left\{ \prod_i^J (X_{sie}^t)^{\gamma_i} \right\} (v_{se})^{\gamma_{J+1}} \quad (45)$$

y_{se}^t : 地域 s の輸送要素生産量

また、中間合成財についても財の生産と同様に以下の式で表現する。

$$\min. \sum_r^R (p_{rsi}^t x_{rsie}^t) \quad (46)$$

$$s.t. X_{sie}^t = \eta_s^{ie} \prod_r^R (x_{rsie}^t)^{\gamma_r} \quad (47)$$

4.4.2 輸送サービス生産

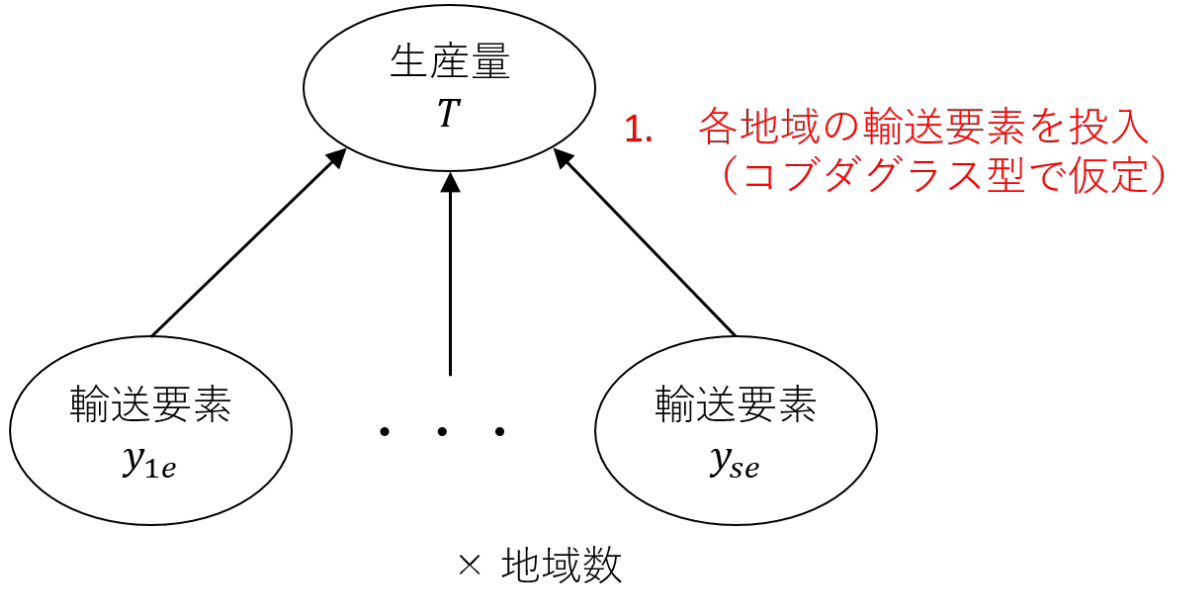


図8 輸送サービス生産構造

各地域で生産した輸送要素を投入して輸送サービスを生産する．生産関数をコブダグラス型で仮定すると以下の費用最小化となる．

$$\min. \sum_s^R (p_{se}^t y_{se}^t) \quad (48)$$

$$s.t. T = \xi \prod_s^R (y_{se})^{\gamma_s} \quad (49)$$

T:輸送サービス総生産量

これにより，輸送サービスの価格は

$$\pi = \frac{1}{\xi} \prod_s^R \left(\frac{p_{se}^t}{\gamma_s} \right)^{\gamma_s} \quad (50)$$

で定式化できる．ただしここで，輸送要素を投入する際の輸送投入係数は $\tau_{rse} = 0$ とし， $p_{se}^t = p_{se}^0$ とする．

また，輸送サービスの総生産量は総需要量と等しく，以下の等式が成り立つこととする．

$$T = \sum_s^R \sum_r^R \sum_i^J \left(\sum_j^J t_{rsij} + t_{rsi}^s \right) + \bar{n}_t \quad (51)$$

\bar{n}_t :輸送サービスの純輸出

4.5 市場均衡条件式

4.5.1 労働市場

労働は全て自地域内で需要される.

$$\sum_j^J (v_{sj}) + v_{se} = L_s \quad (52)$$

L_s :地域 s の総労働供給量 (外性値)

4.5.2 財市場

財の総生産額と総需要額は一致する.

$$p_{ri}^0 y_{si}^t = p_{ri}^0 \left(\sum_s^R \left(\sum_j^J x_{rsij}^0 + x_{rsie}^0 + c_{rsi}^0 \right) + \overline{n_{ri}} \right) \quad (53)$$

4.5.3 財価格

財の生産者価格と生産費用は一致する.

$$p_{sj}^0 = \sum_r^R (p_{rsi}^t a_{rsij}) + w_s V_{sj} \quad (54)$$

a_{rsij} :地域 s で財 j を生産する際の地域 r 産の財 i の中間投入係数, V_{sj} :地域 s で財 j を生産する際の労働投入係数

4.5.4 輸送サービス価格

輸送サービスの価格と生産費用は一致する.

$$\pi = \sum_s^R \left(\sum_r^R (p_{ri}^t b_{rsie}) + w_s V_{se} \right) \quad (55)$$

b_{rsie} :地域 s で輸送サービスを生産する際の地域 r 産の財 i の中間投入係数 V_{se} :地域 s で輸送サービスを生産する際の労働投入係数

第5章 数値分析

目次

5.1	仮想データによる iceberg 型モデルとの比較	30
-----	---------------------------	----

5 数値分析

5.1 仮想データによる iceberg 型モデルとの比較

5.1.1 分析手法

- 表 1 のような 3 地域 1 産業 (+ 輸送産業) の仮想データを作成する。また、仮想データの作成に当たっては、等規模の 3 地域を仮定し現実世界との乖離ができるだけ最小となるよう配慮する。
- 3 地域は等間隔に位置しており、道路整備によって地域 1, 2 間の輸送所要時間が半分に削減された場合を想定する。(移動所要時間が 12 で結ばれていた 3 地域のうち、地域 1, 2 間のみ輸送所要時間が 6 に減少させる。表 2, 3 参照)
- 4 章で構築したモデルと従来の iceberg 型輸送費用モデルの両方で分析を行い結果を比較する。

表 1 産業連関表仮想データ

		1		2		3		1	2	3	T	Sum
		A	e	A	e	A	e	fd	fd	fd		
1	A	300	30	200	0	200	0	150	100	100	0	1080
	e	0	0	0	0	0	0	0	0	0	69.6	69.6
2	A	200	0	300	30	200	0	100	150	100	0	1080
	e	0	0	0	0	0	0	0	0	0	69.6	69.6
3	A	200	0	200	0	300	30	100	100	150	0	1080
	e	0	0	0	0	0	0	0	0	0	69.6	69.6
L	L1	334	39	0	0	0	0	0	0	0	0	1119
	L2	0	0	334	39	0	0	0	0	0	0	
	L3	0	0	0	0	334	39	0	0	0	0	
T	T1	6	0.6	20	0	20	0	3	10	10	0	208.8
	T2	20	0	6	0.6	20	0	10	3	10	0	
	T3	20	0	20	0	6	0.6	10	10	3	0	
Sum		1080	69.6	1080	69.6	1080	69.6	1119			208.8	

表 1 が本研究で用いた仮想の産業連関表データである。作成に当たっては、どの地域も財の総生産、総付加価値額は等しくする。財の中間投入は内々の投入が一番大きくなり、他の 2 地域からの投入は同じ額となるようにする。財の取引額に対する輸送サービスの投入額を 2~10 % 程度とする。地域内々の取引に対する輸送サービス投入量は他地域との取引に対する輸送サービス投入よりも小さくなること。財の取引に投入される輸送サービスの総額と輸送要素の総生産額は等しくなる。全地域の総付加価値額が全地域の最終需要総額と等しくなる。各地域各産業すべて総生産額と総需要額が等しくなるようにする。等の点に留意した

表 2 地域間輸送所要時間仮想データ初期値

	地域 1	地域 2	地域 3
地域 1	5	12	12
地域 2	12	5	12
地域 3	12	12	5

表 3 地域間輸送所要時間仮想データ整備後

	地域 1	地域 2	地域 3
地域 1	5	6	12
地域 2	6	5	12
地域 3	12	12	5

表 2 が仮想の産業連関表の 3 地域の輸送所要時間初期の状態である。各地域間は 12 の等間隔で位置しており、地域内々の輸送所要時間はそれよりも小さい 5 としている。表 3 は初期の状態に対して地域 1, 2 間で交通整備政策が行われた想定での各地域間の輸送所要時間を示す。地域 1, 2 間の輸送所要時間のみ 12 から 6 に減少し、その他の地域間、及び内々の輸送所要時間については初期の状態が維持されている。

5.1.2 キャリブレーション

ここでは、基準均衡データに基づいて企業、家計の行動に関するパラメータの推定を行う。

- シェアパラメータ：財の生産や家計の消費行動等で、それぞれのものをどの程度投入するかを決定するパラメータ。

中間合成財生産時に投入する財の生産地に関するシェアパラメータ。

$$\gamma_r = \frac{p_{rsi}^t x_{rsij}^t}{\sum_r^R p_{rsi}^t x_{rsij}^t} \quad (56)$$

ここで、 p_{rsi}^t に生産地価格の初期値（本研究ではすべて 1 としている）、 x_{rsij}^t に産業連関表からわかる中間財投入量を代入することによって γ_r を求めることができる。

ただしそれぞれ、 γ_1 ：地域 1 からの中間財投入、 γ_2 ：地域 2 からの中間財投入、 γ_3 ：地域 3 のから中間財投入のシェアパラメータとする。

表 4 iceberg 型モデルでの中間合成財生産シェアパラメータ

	地域 1	地域 2	地域 3
γ_1	0.410187668	0.294906166	0.294906166
γ_2	0.294906166	0.410187668	0.294906166
γ_3	0.294906166	0.294906166	0.410187668

表 5 非 iceberg 型モデルでの中間合成財生産シェアパラメータ

	地域 1	地域 2	地域 3
γ_1	0.410187668	0.294906166	0.294906166
γ_2	0.294906166	0.410187668	0.294906166
γ_3	0.294906166	0.294906166	0.410187668

表 4, 5 より、各地域での財生産時に投入される財のシェアがわかる。本研究では輸送費込みの金額ベースでシェアパラメータを算出している。数値をみると、すべての地域において自地域内からの投入が 0.410187668%，他地域からの投入が 0.294906166% となっている。輸送費用への支出も含めて算出しているため、iceberg 型、非 iceberg 型ともにシェアパラメータは全く同様の値となっている。

次に各地域での財生産時に投入する中間合成財と労働に関するシェアパラメータを以下の式で算出する．

$$\gamma_i = \frac{PI_{sij}^t X_{sij}^t}{PI_{sij}^t X_{sij}^t + w_s v_{sj}} \quad (57)$$

$$\gamma_{J+1} = \frac{w_s v_{sj}}{PI_{sij}^t X_{sij}^t + w_s v_{sj}} \quad (58)$$

ここで、 PI_{sij}^t に各財の中間合成財価格指数、 X_{sij}^t に産業連関表からわかる各財の中間合成財投入量、 w_s に各地域の労働賃金率初期値（本研究では 1 としている）、 v_{sj} に各地域の労働投入量を代入することで γ を算出する．

ただしそれぞれ γ_1 ：中間合成財の投入、 γ_2 ：労働の投入に関するシェアパラメータとする．

表 6 iceberg 型モデルでの財生産シェアパラメータ

	地域 1	地域 2	地域 3
γ_1	0.666666667	0.666666667	0.666666667
γ_2	0.333333333	0.333333333	0.333333333

表 7 非 iceberg 型モデルでの財生産シェアパラメータ

	地域 1	地域 2	地域 3
γ_1	0.690740741	0.690740741	0.690740741
γ_2	0.309259259	0.309259259	0.309259259

表 6, 7, から各地域での財生産時に投入される中間合成財と労働要素のシェアが分かる．このシェアパラメータは、iceberg 型モデルのものと非 iceberg 型モデルのもので差がある．iceberg 型モデルでは、交易額に応じて輸送費分の交易財が上乘せされている．つまり、輸送費として消費される交易財の生産に対して投入された労働投入も、需要される交易財への労働投入として扱われる．これに対し、非 iceberg 型モデルでは交易額に応じた輸送サービスが投入されるため、輸送サービス生産に対して投入された労働投入が、需要される交易財の生産への労働投入に計上されない．そのため、iceberg 型モデルでは非 iceberg 型モデルに比べ労働投入のシェアが大きくなっていると考えられる．

続いて、輸送要素生産時の中間合成財に関するシェアパラメータを以下の式で算出する。

$$\gamma_r = \frac{p_{rsi}^t x_{rsie}^t}{\sum_r^R p_{rsi}^t x_{rsie}^t} \quad (59)$$

ここで、 p_{rsi}^t に生産地価格の初期値（本研究ではすべて 1 としている）、 x_{rsie}^t に産業連関表からわかる中間財投入量を代入することによって γ_r を求めることができる。

ただし γ_1 ：地域 1 からの中間財投入、 γ_2 ：地域 2 からの中間財投入、 γ_3 ：地域 3 からの中間財投入に関するシェアパラメータとする。

表 8 輸送要素生産時中間合成財シェアパラメータ

	地域 1	地域 2	地域 3
γ_1	1	0	0
γ_2	0	1	0
γ_3	0	0	1

iceberg 型モデルでは輸送要素の生産が行われないため、このパラメータは非 iceberg 型モデルのもののみ示す。構造としては交易財の生産構造と同様だが、本研究で作成した仮想の産業連関表では輸送要素の生産に対しては、地域内部からの投入のみとしているため、表 8 のような 1 と 0 でシェアが出ている。

次に、各地域の輸送要素生産時に投入する中間合成財と労働に関するシェアパラメータを以下の式で算出する。

$$\gamma_i = \frac{PI_{sie}^t X_{sie}^t}{PI_{sie}^t X_{sie}^t + w_s v_{se}} \quad (60)$$

$$\gamma_{J+1} = \frac{w_s v_{se}}{PI_{sie}^t X_{sie}^t + w_s v_{se}} \quad (61)$$

ここで、 PI_{sie}^t に各財の中間合成財価格指数、 X_{sie}^t に産業連関表からわかる各財の中間合成財投入量、 w_s に各地域の労働賃金率初期値（本研究では 1 としている）、 v_{se} に各地域の労働投入量を代入することで γ を算出する。

ただし、 γ_1 ：中間合成財の投入、 γ_2 ：労働の投入に関するシェアパラメータとする。

表 9 輸送要素生産時シェアパラメータ

	地域 1	地域 2	地域 3
γ_1	0.439655172	0.439655172	0.439655172
γ_2	0.560344828	0.560344828	0.560344828

ここでも、輸送要素生産に関するパラメータであるため、非 iceberg 型モデルについてのみ算出する。表 9 から、輸送サービスの生産に対して投入される中間合成財と労働要素のシェアが分かる。

交易財の生産に比べ、中間合成財の投入に対して労働要素の投入が大きいことが分かる。これは、産業連関表のデータとして、輸送要素の生産に対しての投入が財の投入よりも労働要素の投入の方が大きいことが反映された値となっている。

最後に、輸送サービス生産時に投入する輸送要素に関するシェアパラメータを以下の式で算出する。

$$\gamma_s = \frac{p_{se}^t y_{se}^t}{\sum_s^R p_{se}^t y_{se}^t} \tag{62}$$

ここで、 p_{se}^t に輸送要素価格、 y_{se}^t に産業連関表からわかる輸送要素の投入量を代入することによって γ_s が算出できる。ただし、 γ_1 ：地域 1 の輸送要素、 γ_2 ：地域 2 の輸送要素、 γ_3 ：地域 3 の輸送要素とする

表 10 輸送サービス生産時シェアパラメータ

	T
γ_1	0.33333333
γ_2	0.33333333
γ_3	0.33333333

輸送サービスの生産も非 iceberg 型モデルでのみ行われるため、パラメータについては非 iceberg 型モデルのもののみ算出する。表 5.1.2 をみると、全地域の輸送要素が等しいシェアとなっている。

輸送要素に対する輸送サービスの投入は 0 と仮定し、輸送サービスの生産には労働要素の投入が無いと仮定しているため、産業連関表の輸送要素投入額の比率がそのままシェアパラメータとなっている。

- 効率パラメータ：財や輸送サービス等の生産効率を表すパラメータで、財の投入量に対する生産量を表す。

まずは、財生産時の中間合成財に関する効率パラメータを以下の式で算出する。

$$\eta_s^{ij} = \frac{X_{sij}^t}{\prod_R (x_{rsij}^t)^{\gamma_r}} \quad (63)$$

ここで、 X_{rsj}^t に産業連関表からわかる中間合成財生産量、 x_{rsij}^t に産業連関表からわかる中間財投入量、 γ_r に先ほど求めた各地域のシェアパラメータを代入することによって η_s^{ij} を求めることができる。

表 11 iceberg 型モデルでの中間合成財生産効率パラメータ

	地域 1	地域 2	地域 3
η'	2.963722802	2.963722802	2.963722802

表 12 非 iceberg 型モデルでの中間合成財生産効率パラメータ

	地域 1	地域 2	地域 3
η'	2.963722802	2.963722802	2.963722802

表 11, 12 より、各地域の中間合成財生産時の効率パラメータが分かる。

値をみると、iceberg 型モデル、非 iceberg 型モデルどちらも等しい値となっている。これは、効率パラメーターが投入されている財の量で決定されていることが理由である。

iceberg 型モデルと非 iceberg 型モデルの差としては、交易財に対する輸送費用を、交易財として投入するか輸送サービスとして投入するかの違いである。つまり、投入されている輸送費用を除いて、純粋に需要される交易財の量に着目した場合には 2 つのモデルでの差異は生まれない。そのため、ここでの効率パラメータはどちらのモデルであっても等しい値となっている。

また、産業連関表の各地域への交易財の投入を見ると各地域とも自地域からの投入量、他地域からの投入量、総生産量が等しくなっているため地域ごとの効率パラメータも等しい値となっている。

次に，財生産に関する効率パラメータを以下の式で算出する．

$$\eta_s^{ij} = \frac{y_{sj}^t}{\{\prod_J^i (X_{sij}^t)^{\gamma_i}\} (v_{sj}^{\gamma_{J+1}})} \quad (64)$$

ここで， y_{sj}^t に産業連関表からわかる財生産量， X_{sij}^t に産業連関表からわかる中間合成財投入量， v_{sj} に産業連関表からわかる労働投入量 γ に先ほど求めたシェアパラメータを代入することによって η_s^{ij} を求めることができる．

表 13 iceberg 型モデルでの財生産効率パラメータ

	地域 1	地域 2	地域 3
η	1.971795098	1.971795098	1.971795098

表 14 非 iceberg 型モデルでの財生産効率パラメータ

	地域 1	地域 2	地域 3
η	1.93957539	1.93957539	1.93957539

表 13, 14 より，各地域の財生産時の効率パラメータが分かる．

値をみると，iceberg 型モデル，非 iceberg 型モデルどちらも等しい値となっている．これは，中間合成財生産時の効率パラメータと同様に効率パラメータが投入されている財の量で決定されていることが理由である．

また，地域ごとの効率パラメータも等しい．これは，各地域における中間合成財投入量，労働投入量，財の総生産量が一致していることが反映されている．

続いて，輸送要素生産に関する効率パラメータを以下の式で算出する．

$$\xi_s^{le} = \frac{y_{se}^t}{\left\{ \prod_J^i (X_{sie}^t)^{\gamma_i} \right\} (v_{se})^{\gamma_{J+1}}} \quad (65)$$

ここで， y_{se}^t に産業連関表からわかる財生産量， X_{sie}^t に産業連関表からわかる中間合成財投入量， v_{se} に産業連関表からわかる労働投入量 γ に先ほど求めたシェアパラメータを代入することによって ξ_s^{le} を求めることができる．

表 15 輸送要素生産効率パラメータ

	地域 1	地域 2	地域 3
ξ'	2.00281307	2.00281307	2.00281307

輸送要素の生産については，非 iceberg 型モデルのみで行われるため，ここでは非 iceberg 型モデルのパラメータのみ表 15 に示す．値を見るとどの地域も等しい効率パラメータになっており，産業連関表データで各地域の輸送要素生産に対する財投入と労働投入が等しいことが反映されている．

最後に，輸送サービス生産時の効率パラメータを以下の式で算出する．

$$\xi = \frac{T}{\prod_R^s (y_{se}^t)^{\gamma_s}} \quad (66)$$

ここで， T に産業連関表からわかる輸送サービスの総生産量， y_{se}^t に産業連関表からわかる輸送要素の投入量， γ_s に先ほど求めたシェアパラメータを代入することによって ξ を求めることができる．

表 16 輸送サービス生産効率パラメータ

	T
ξ	3

輸送サービスの生産を行うのは非 iceberg 型モデルのみなので，輸送要素生産の効率パラメータと同様に非 iceberg 型モデルの値のみを表 16 に示す．

各地域で生産した輸送要素を投入して輸送サービスが生産されるため，算出されるパラメータは地域ごとではなく 1 つの値となる．

- 輸送サービス投入係数：財の取引に対して需要される輸送サービスに関するパラメータ
式 (37) に仮想の産業連関表からわかる数値を代入し，回帰分析を行い推定を行う．財の取引額に対して必要となる輸送費を表すパラメータなため，輸送費に対して交易財を投入するか輸送サービスを投入するかの差異は関係なく，iceberg 型，非 iceberg 型ともに同様の値となる
推定方法として，まず式 (37) の両辺に対して対数を取る

$$\ln(\tau_{rsi}) = \ln(\theta_i) + \phi_i \ln(d'_{rs}) \quad (67)$$

ここで， τ_{rsi} は産業連関表からわかる交易財に対する輸送サービス投入額の対数をとることでわかる．

表 17 輸送サービス投入係数の対数

地域	τ'_{rsi}
1-1	-3.912023005
1-2	-2.302585093
1-3	-2.302585093
2-1	-2.302585093
2-2	-3.912023005
2-3	-2.302585093
3-1	-2.302585093
3-2	-2.302585093
3-3	-3.912023005

また， d'_{rs} は輸送所要時間の対数である．

表 18 輸送マージンの対数

地域	d'_{rsi}
1-1	0.475884995
1-2	0.910235093
1-3	0.910235093
2-1	0.910235093
2-2	0.475884995
2-3	0.910235093
3-1	0.910235093
3-2	0.910235093
3-3	0.475884995

表 17, 18 を用いて回帰分析を行う。

この結果として $\ln(\theta_i)$, ϕ_i が推定され, \ln を外すことによって輸送サービス投入係数に関するパラメータが求まる (表 19)。

表 19 輸送投入に関するパラメータ

θ_i	ϕ_i
3.705393229	0.00342942

]

推定した表 19 のパラメータを

$$\tau_{rsi} = \theta^i (d'_{rs})^{\phi_i} \quad (68)$$

に代入することによって各地域間の輸送サービス投入係数を算出する。

表 20 τ_{rsi} 仮想データ初期値

	地域 1	地域 2	地域 3
地域 1	0.02	0.1	0.1
地域 2	0.1	0.02	0.1
地域 3	0.1	0.1	0.02

表 21 τ_{rsi} 仮想データ整備後

	地域 1	地域 2	地域 3
地域 1	0.02	0.029766079	0.1
地域 2	0.029766079	0.02	0.1
地域 3	0.1	0.1	0.02

表 20 が, 交通整備無しの初期の輸送サービス投入係数。表 21 が, 交通整備後の状態での各地域間の輸送サービス投入係数の値である。

値を見比べると道路整備を行った地域 1-2 間の輸送サービス投入係数が減少したことが分かる。また, 輸送所要時間の対数を輸送マージンとしていることや, パラメータ ϕ_i が指数になっていることにより, 輸送所要時間が半分になったのに対し輸送サービス投入係数は単純に半分になっているわけではないことが分かる。

5.1.3 分析結果

キャリブレーションによって算出したパラメータを用いて地域 1-2 間の道路整備による経済効果について分析を行った。非 iceberg 型モデル，従来の iceberg 型モデルでのそれぞれの分析結果を以下に示していく。

最初に各地域の財価格，賃金率，財供給量について初期値，整備後の値を表に示す。

表 22 内生変数項目

価格		財供給量	
p1A	地域 1 の財生産地価格	X1	地域 1 の財供給量
p2A	地域 2 の財生産地価格	X2	地域 2 の財供給量
p3A	地域 3 の財生産地価格	X3	地域 3 の財供給量
w1	地域 1 の労働賃金率		
w2	地域 2 の労働賃金率		
w3	地域 3 の労働賃金率		

表 23 iceberg 型内生変数初期値

価格		財供給量	
p1A	1	X1	1119
p2A	1	X2	1119
p3A	1	X3	1119
w1	1		
w2	1		
w3	1		

表 24 iceberg 型内生変数整備後

価格		財供給量	
p1A	0.983498109896503	X1	1153.79196754937
p2A	0.983498109896502	X2	1153.79196754937
p3A	0.997406993587368	X3	1137.7092619486
w1	1.0140773759373		
w2	1.0140773759373		
w3	1.01408313038937		

iceberg 型モデルでの分析結果をみると，3 地域すべて財の生産地価格が低下している。これは輸送所要時間の減少によって輸送費用が低下し，財の中間合成財の価格が低下して財の生産コストが下がったことが要因として挙げられる。

細かい値をみると、地域 1, 2 の生産地価格は 0.983498109896503 になり地域 3 の生産地価格は 0.997406993587368 となっている。地域 1-2 間の整備による経済効果を分析しているため、地域 1, 2 の条件は全く同じになるため値が等しくなったのは妥当な結果といえる。また、地域 3 は地域 1, 2 程の影響を受けてはいないものの地域 1, 2 の生産地価格の減少を受けて少し生産地価格が低下していることが分かる。

次に財の供給量の変化をみると、全地域増加していることが分かる。これは、財の生産地価格の低下や賃金率の増加によって家計が消費することのできる財が増加したことによる増加と、それにもなう財生産に投入される中間財の増加が要因として挙げられる。財の供給量は地域 1, 2 が 1153.79196754937, 地域 3 が 1137.7092619486 となり、財の生産地価格と同様に道路整備を行った地域 1, 2 が大きく影響を受け、地域 3 への影響はそれよりも小さいことが分かる。ただし、地域 3 の財供給量も増加していることから、影響の大小はあるものの地域 1, 2 間の道路整備が地域 3 にもプラスの効果を与えているといえる。

また、労働賃金率の変化をみると全ての地域で上昇していることが分かる。

表 25 非 iceberg 型内生変数初期値

価格		財供給量	
p1A	1	X1	1080
p2A	1	X2	1080
p3A	1	X3	1080
π	1		
w1	1		
w2	1		
w3	1		

表 26 非 iceberg 型内生変数整備後

価格		財供給量	
p1A	0.986316947601121	X1	1143.96033752032
p2A	0.986317310179117	X2	1143.96028685062
p3A	0.994440783791904	X3	1110.31905087813
π	1.00600141428541		
w1	1.02310648805563		
w2	1.02310847391293		
w3	1.00263755152369		

非 iceberg 型モデルでの分析結果をみると、3 地域すべて財の生産地価格が低下している。これは輸送所要時間の減少によって輸送費用が低下し、財の中間合成財の価格が低下して財の生産コストが下がったことが要因として挙げられる。

細かい値をみると、地域 1, 2 の生産地価格は 0.986316947601121 になり地域 3 の生産地価格は 0.994440783791904 となっている。地域 1-2 間の整備による経済効果を分析しているため、地

域 1, 2 の条件は全く同じになるため値が等しくなったのは妥当な結果といえる。また、地域 3 は地域 1, 2 程の影響を受けてはいないものの地域 1, 2 の生産地価格の減少を受けて少し生産地価格が低下していることが分かる。ただし iceberg 型モデルとの分析結果を比較してみると、大小関係の変化はないものの地域 1, 2 の生産地価格は少し高く、地域 3 の生産地価格は少し低下していることが分かる。つまり、非 iceberg 型モデルで分析した場合の方が、整備対象外の地域の財生産コストが受ける恩恵が大きく算出される可能性があることが示唆された。

次に財の供給量の変化をみると、全地域増加していることが分かる。これは、財の生産地価格の低下や賃金率の増加によって家計が消費することのできる財が増加したことによる増加と、それにもなう財生産に投入される中間財の増加が要因として挙げられる。財の供給量は地域 1 が 1143.96033752032, 地域 2 が 1143.96028685062, 地域 3 が 1110.31905087813 となり、財の生産地価格と同様に道路整備を行った地域 1, 2 が大きく影響を受け、地域 3 への影響はそれよりも小さいことが分かる。地域 1, 2 の値に微量の誤差があるが、非 iceberg 型モデルの方が計算過程が煩雑であり、Excel を用いたことによる収束誤差として考え、同一の値として考察を進める。地域 3 の財供給量も増加していることから、影響の大小はあるものの地域 1, 2 間の道路整備が地域 3 にもプラスの効果を与えているといえる。この値の iceberg 型との比較を行う必要があるが、ここでは初期値に差があるため単純な数値での比較は行うことができない。この比較については後述の財需要の増加率を用いて考察することとする。

また、輸送サービスの価格は 1.00600141428541 であり、上昇がみられた。今回の輸送サービス生産技術をみると、輸送要素の生産に対して投入される財と労働のシェアは労働の方が大きくなっている。そのため、投入される財の生産コストの減少よりも投入する労働要素の価格が上昇したことによる影響の方が大きくなり、結果として輸送サービスの価格が上昇しているのではないかと考えられる。

賃金率についてみると全地域で値が上昇していることがわかる。ただし値としては、地域 1 が 1.02310648805563, 地域 2 が 1.02310847391293, 地域 3 が 1.00263755152369 であり、全地域ほぼ同様の値であった iceberg 型モデルとは異なる結果となった。

表 23～表 26 から、どちらのモデルで分析を行った場合でも全地域において、財価格は減少、賃金率は増加、財供給量は増加という結果が得られた。また、整備を行った地域 1, 2 間が大きく影響を受け、地域 3 はそれほど大きな影響は受けないことが分かった。ただし、影響の大小はあるものの、直接関係していない地域 1-2 間の道路整備が地域 3 にも恩恵を与えることがわかる。

しかし同時に、その変化の値にはモデルによる差があることもわかる。財の生産地価格については iceberg 型モデルの分析結果の方が地域 1, 2 と地域 3 の値の差が大きく、労働賃金率については非 iceberg 型モデルの分析結果の方が地域 1, 2 と地域 3 の値の差が大きく算出された。

次に，内生変数の単純比較ではなく，内生変数の変化から算出することができる各地域の財需要変化についての考察を加えていく．表 23～表 26 の値を用いて，まずは地域 1-2 間の道路整備によって各地域の財の需要額がどのように変化したかについて以下の表に示す．

表 27 iceberg 型財需要額初期値

	財への 中間投入	家計消費	輸送分	総需要量
地域 1	746	373		1119
地域 2	746	373		1119
地域 3	746	373		1119

表 28 iceberg 型財需要額整備後

	財への 中間投入	家計消費	輸送分	総需要量
地域 1	756.501636144897	378.251494214339		1134.75313035924
地域 2	756.501636144897	378.251494214339		1134.75313035924
地域 3	756.50301044683	378.251741655778		1134.75475210261

表 29 非 iceberg 型財需要額初期値

	財への 中間投入	家計消費	輸送への 中間投入	総需要量
地域 1	700	350	30	1080
地域 2	700	350	30	1080
地域 3	700	350	30	1080

表 30 非 iceberg 型財需要額整備後

	財への 中間投入	家計消費	輸送への 中間投入	総需要量
地域 1	740.465491923392	362.713936783038	25.1281132924077	1128.30754199884
地域 2	740.465556403895	362.714028253086	25.1280981627659	1128.30768281975
地域 3	724.087991537523	354.766830410307	25.2918017159173	1104.14662366375

ここで，iceberg 型モデルでは輸送サービスの生産がなく，交易財自体が輸送費用として需要されるため輸送への中間投入は無い．この状態のまま iceberg 型モデルでの財需要の変化と非 iceberg 型モデルでの財需要の変化を比較してしまうと，非 iceberg 型モデルの値は輸送費用に関する需要を含まない純粋な財の生産に対する財の需要と家計の最終需要なのに対し，iceberg 型モデルの値は純粋な財の需要だけではなく輸送費用として需要された分の財需要も含まれてしまう．

そのため、2つのモデルの財の需要変化を比較する際には、iceberg 型モデルの分析結果から、財の生産への中間投入、家計消費のそれぞれ輸送費用として需要された分の交易財を差し引いた値で比較する必要がある。

そこで、iceberg 型モデルの分析結果から輸送消費相当分の財需要を分離したものを以下の表に示す。

表 31 iceberg 型財需要額初期値 (輸送分離)

	財への 中間投入	家計消費	輸送消費 相当分	総需要量
地域 1	700	350	69	1119
地域 2	700	350	69	1119
地域 3	700	350	69	1119

表 32 iceberg 型財需要額整備後 (輸送分離)

	財への 中間投入	家計消費	輸送消費 相当分	総需要量
地域 1	723.686691990941	361.844046274259	49.2223920940353	1134.75313035924
地域 2	723.686691990942	361.844046274259	49.2223920940351	1134.75313035924
地域 3	709.855577376983	354.927944745864	69.9712299797609	1134.75475210261

表 29～表 30, 表 31～表 32 の結果から、どちらのモデルの分析結果も財への中間投入としての財需要額、家計消費としての財需要額は増加していることが分かる。

非 iceberg 型モデルの輸送への中間投入と iceberg 型モデルの輸送消費相当分の値を見比べると値に大きな差がある。非 iceberg 型モデルでは、輸送サービスの生産に対して全地域が同額の輸送要素を投入するため、概念としては輸送サービスの総需要額に対して全地域が同額の負担をする。そのため、どの地域間の輸送所要時間が削減された場合であっても、輸送への中間投入は全地域同じ額となる。

これに対し iceberg 型モデルでは、各地域間の取引額に応じて各地域間で輸送消費相当分を負担する。そのため、地域 1-2 間の輸送所要時間が半減したことにより、地域 1, 2 の輸送費用が低下し輸送消費相当分の需要も低下する。地域 3 については、輸送消費相当分の財需要が増加している。これは、地域 3 が交易する際の輸送費用が上昇したわけではなく、各地域の財の生産地価格が下がったことにより財の交易量が増えたことが要因であり、財 1 単位の取引に対する輸送消費相当分の割合は変化していない点に注意したい。

財の総需要額について、iceberg 型モデルでは全地域同額になっている。ただしこれは輸送消費相当分の需要額も含んだものとなっており、地域 1, 2 は財の輸送消費相当分が少なく地域 3 は財の輸送消費相当分が多い。つまり、輸送費用として消費した財を除いて純粋な財の需要額としては地域 1, 2 の方が地域 3 の需要額よりも大きく、交通整備の恩恵を大きく受けていると考えられ、妥当な結果といえる。

ここまで財の需要額を用いて比較を行ったが、iceberg 型モデルと非 icebreg 型モデルの財需要額では初期値に差異があるため単純な数値の比較では不十分である。

そこで次に、初期値からの変化を比較するため、需要額の変化率を算出する。

表 33 iceberg 型財需要額変化率 (輸送分離)

	財への 中間投入	家計消費	輸送消費 相当分	総需要量
地域 1	3.38381314156315%	3.38401322121697%	-28.663199863717%	1.40778644854664%
地域 2	3.3838131415632%	3.38401322121695%	-28.6631998637173%	1.40778644854662%
地域 3	1.40793962528345%	1.40798421310409%	1.40757968081289%	1.40793137646196%

表 34 非 iceberg 型財需要額変化率

	財への 中間投入	家計消費	輸送への 中間投入	総需要量
地域 1	5.78078456048465%	3.63255336658228%	-16.2396223586407%	4.47292055544797%
地域 2	5.78079377198506%	3.63257950088167%	-16.2396727907801%	4.47293359442105%
地域 3	3.44114164821772%	1.36195154580185%	-15.6939942802754%	2.23579848738404%

表 33, 34 を比較すると、財の総生産額の増加率に大きな差があることが分かる。また、iceberg 型モデルでの分析結果をみると財の総需要額は全地域同じ値になっている。

ここで、分析するモデルによって財の生産地価格等の値にも差があるため、便益として捉えることができる家計の効用に関係する財の需要量についての比較も行う。

各地域の需要額をそれぞれ財の価格で除した財の需要量変化を以下の表に示す。

表 35 iceberg 型財需要量初期値

	財への 中間投入	家計消費	輸送分	総需要量
地域 1	746	373		1119
地域 2	746	373		1119
地域 3	746	373		1119

表 36 iceberg 型財需要量整備後

	財への 中間投入	家計消費	輸送分	総需要量
地域 1	769.194804273194	384.598089623318		1153.79289389651
地域 2	769.194804273195	384.598089623319		1153.79289389651
地域 3	758.469727313542	379.235100703799		1137.70482801734

表 37 非 iceberg 型財需要量初期値

	財への 中間投入	家計消費	輸送への 中間投入	総需要量
地域 1	700	350	30	1080
地域 2	700	350	30	1080
地域 3	700	350	30	1080

表 38 非 iceberg 型財需要量整備後

	財への 中間投入	家計消費	輸送への 中間投入	総需要量
地域 1	750.737877640976	367.745822136805	25.4767124842813	1143.96041226206
地域 2	750.73766703884	367.745779689516	25.4766877793137	1143.96013450767
地域 3	728.135856190956	356.750081244199	25.4331903197665	1110.31912775492

需要額と同様に，iceberg 型モデルの分析結果から輸送消費相当分を分離する．

表 39 iceberg 型財需要量初期値 (輸送分離)

	財への 中間投入	家計消費	輸送消費 相当分	総需要量
地域 1	700	350	69	1119
地域 2	700	350	69	1119
地域 3	700	350	69	1119

表 40 iceberg 型財需要量整備後 (輸送分離)

	財への 中間投入	家計消費	輸送消費 相当分	総需要量
地域 1	735.829265667931	367.915344862572	50.0482833660099	1153.79289389651
地域 2	735.829265667931	367.915344862572	50.0482833660097	1153.79289389651
地域 3	711.701022692703	355.850667809434	70.1531375152042	1137.70482801734

表 37～表 40 をみると，非 iceberg 型モデルでの分析結果は財需要額とほぼ同じ傾向がみられる一方で，iceberg 型モデルでの分析結果をみると財の総需要については全地域同じ値ではなく，交通整備に直接関係している地域 1，2 の増加率が高く，地域 3 の増加率が少し小さいという傾向がみられた。

財の需要量についてもどちらのモデルで分析するかによって初期値に差があるため、単純な数値の比較はできない。そこで比較するために、財の需要額の比較時と同様に初期値からの変化率を表にする。

表 41 iceberg 型財需要量変化率 (輸送分離)

	財への 中間投入	家計消費	輸送消費 相当分	総需要量
地域 1	5.11846652399019%	5.11866996073482%	-27.46625599129%	3.10928453051951%
地域 2	5.11846652399031%	5.11866996073487%	-27.4662559912903%	3.10928453051955%
地域 3	1.67157467038617%	1.6716193741239%	1.67121379015094%	1.67156640011985%

表 42 非 iceberg 型財需要量変化率

	財への 中間投入	家計消費	輸送消費 相当分	総需要量
地域 1	7.2482682344253%	5.07023489622991%	-15.0776250523954%	5.92226039463548%
地域 2	7.24823814840587%	5.07022276843321%	-15.0777074022873%	5.92223467663622%
地域 3	4.01940802727949%	1.92859464119965%	-15.2226989341113%	2.80732664397423%

表 41, 42 をみると、非 iceberg 型モデルでは財の輸送への投入量は全地域で減少したが、iceberg 型モデルでは地域 1, 2 のみで減少し地域 3 は微増した。これは、非 iceberg 型モデルでは輸送サービスの総生産量に対して全地域が同額の輸送要素を投入するのに対し、iceberg 型モデルでは地域間の取引額に応じてそれぞれの消費地が輸送消費相当分を負担している事が要因として考えられる。

また、家計の財需要量の増加率をみるとどちらのモデルを用いてもおおよそ等しい値となった。各家計の効用は財の消費量によって決定するため、家計の財需要量の変化は家計の効用の変化に直結しており、交通整備の便益を分析するにあたって重要な値となる。つまり家計の財消費量がどちらのモデルでもおおよそ等しい増加率ということは、道路整備による便益の計算をする場合どちらのモデルを用いても大きな差異は無いということが示唆される。

一方で、財の総需要をみると iceberg 型モデルと非 iceberg 型モデルでの分析結果で大きな差が出た。これは冒頭で iceberg 型の課題として挙げられてた、輸送消費相当分の需要の減少が財の総需要に効いていることが要因だと考えられる。輸送消費相当分の財需要を差し引いて考えた場合、iceberg 型モデルでの分析結果について以下の表 (43) で表される。

表 43 iceberg 型財需要量変化率 (輸送消費除く)

	財への 中間投入	家計消費	総需要量
地域 1	5.11846652399019%	5.11866996073482%	5.14285714285714%
地域 2	5.11846652399031%	5.11866996073487%	5.14285714285714%
地域 3	1.67157467038617%	1.6716193741239%	1.71428571428571%

表（43）からわかるように、輸送消費相当分の財需要を差し引いて考えた場合財の総需要量の増加率は大きくなる。しかし、それでも非 iceberg 型モデルでの分析結果の総需要額増加率の方が値は大きい。

財の総需要額は、その財の生産規模として捉えることができる。つまり、道路整備による財の産業規模の変化について分析を行う場合についてはどちらのモデルを用いるかによって結果に差異が生じることが示唆された。

第6章 まとめ

目次

6.1	結論	51
6.2	今後の検討課題	51

6 まとめ

6.1 結論

iceberg 型輸送費用概念に替わる輸送費用の考え方を提案し、モデルを構築することができた。また本研究では、構築した非 iceberg 型モデルを仮想の産業連関表に対して適用し、仮想の交通政策についての経済分析を行い結果を得ることができた。

5 章の分析結果から、財の家計消費量はどちらのモデルを用いてもおおよそ同じ結果になる。つまり、道路整備の便益を分析する際には iceberg 型モデルで分析した場合と本研究で構築した非 iceberg 型モデルで分析した場合で結果にあまり差は出ないと考えられる。一方で、財の総需要量は iceberg 型モデルの方が値が小さく非 iceberg 型モデルの方が大きいため、道路整備による産業規模の変化を分析する場合にはどちらのモデルを選択するかによって結果に差が出ることが示唆された。

6.2 今後の検討課題

本研究では仮想の産業連関表を作成し分析を行ったが、その際の産業部門数は 1 部門とした。iceberg 型モデルに対する批判は産業部門が 1 部門の場合にはあまり影響を及ぼさないとの研究もあるため、本研究では家計消費、及び便益の分析にはモデルによる差異が無いとの結論が得られたが、産業部門が複数になった場合については今一度分析結果を比較する必要がある。

また、産業連関表のデータからキャリブレーションが可能なモデルとして非 iceberg 型モデルを開発したが、輸送要素の生産や輸送サービスの投入額を考慮するためには、実際の地域間産業連関表を加工する必要がある。

その加工手法について、運輸部門を輸送要素としてみなす手法や、輸送サービス投入係数に関するパラメータを与えて輸送サービスの投入を考慮する手法などが候補として考えられるが、恣意的に設定できるパラメータに大きく依存してしまう等の問題があり、実データへの適用についてはいくつかの課題が残った。

今後は、実際に公開されている地域間産業連関表のデータをモデルに適用可能な形式へ加工するための手法についての検討が重要となると考える。

参考文献

- [1] Shoven, J.B. and Whalley, J.: Applied general equilibrium models of taxation and international trade: an introduction and survey, *Journal of Economic Literature*, Vol.22, pp.1007-1051, 1984.
- [2] Buckley, P.H.: A transportation-oriented interregional computable general equilibrium model of the United States, *The Annals of Regional Science*, Vol.26, No.4, pp.331-348, 1992.
- [3] Bröcker, J. and Mercenier, J.: General equilibrium models for transportation economics, *A handbook of transport economics*, pp.21-45, 2011.
- [4] Ivanova, O.: Modelling Inter-Regional Freight Transport Demand with Input-Output, Gravity and SCGE Methodologies, in Tavasszy, L., De Jong, G. Eds., *Modelling Freight Transport*, Elsevier, 2014.
- [5] 小池淳司, 石倉智樹, 堤盛人: 特集『土木計画における経済均衡モデル研究の最新動向: 応用一般均衡モデルと応用都市経済モデル』, 土木学会論文集 D3, Vol.68, No.4, pp.285-290, 2012.
- [6] Bröcker, J.: Operational spatial computable general equilibrium modeling, *The Annals of Regional Science*, Vol.32, No.3, pp.367-387, 1998.
- [7] 宮城俊彦, 本部賢一: 応用一般均衡分析を基礎にした地域間交易モデルに関する研究, 土木学会論文集, Vol.530, (IV-30), pp.31-40, 1996.
- [8] 宮城俊彦: 氷解モデルを基礎とした地域間交易モデルの基本構造-応用一般均衡モデルによるアプローチ-, 応用地域学研究, Vol.8, No.2, pp.15-31, 2003.
- [9] Bröcker, J.: How would an EU-membership of the Visegrád- countries affect Europe 's economic geography?, *The Annals of Regional Science*, Vol.32, pp.91-114, 1998.
- [10] Bröcker, J., Korzhenevych, A., Schürmann, C.: Assessing spatial equity and efficiency impacts of transport infrastructure projects, *Transportation Research Part B: Methodological*, Vol.44, No.7, pp.795-811, 2010.
- [11] Knaap, T. and Oosterhaven, J.: Measuring the welfare effects of infrastructure: A simple spatial equilibrium evaluation of Dutch railway proposals, *Research in Transportation Economics*, Vol.31, No.1, pp.19-28, 2011.
- [12] Thissen, M., Limtanakool, N. and Hilbers, H.: Road pricing and agglomeration economies: a new methodology to estimate indirect effects applied to the Netherlands, *The Annals of Regional Science*, Vol.47, No.3, pp.543-567, 2010.
- [13] Brandsma, A. and Kancs, D.: RHOMOLO: A Dynamic General Equilibrium Modelling Approach to the Evaluation of the European Union's R&D Policies, *Regional Studies*, Vol.49, No.8, pp.1340-1359, 2015.
- [14] Mun, S.: Transport Network and System of Cities, *Journal of Urban Economics*, Vol.42, pp.205-221, 1997.
- [15] 小池淳司, 川本信秀: 集積の経済性を考慮した準動学 SCGE モデルによる都市部交通渋滞の影響評価, 土木計画学研究・論文集, Vol.23, No.1, pp.179-186, 2006.
- [16] 小池淳司, 佐藤啓輔, 川本信秀: 帰着便益分析による道路ネットワーク評価 ～応用一般均衡分析モデル「RAEM-Light」による実務的アプローチ～, 土木計画学研究・論文集, Vol.26,

pp.161-168, 2009.

- [17] Koike, A., Tavasszy, L., and Sato, K.: Spatial Equity Analysis on Expressway Network Development in Japan -Empirical Approach Using the Spatial Computable General Equilibrium Model RAEM-Light-, *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, Vol.2133, pp.46-55, 2009.
- [18] 小池淳司, 川本信秀, 佐藤啓輔: 港湾取扱貨物量を明示化した道路ネットワーク評価モデルの構築～応用一般均衡モデル「RAEM-Light」を用いたアプローチ～, *土木計画学研究・論文集*, Vol.26, pp.189-196, 2009.
- [19] 小池淳司, 右近崇: 高速道路料金割引施策による経済効果の空間的帰着分析, *運輸政策研究*, Vol.16, No.2, pp.2-13, 2013.
- [20] 佐藤啓輔, 小池淳司, 川本信秀: 空間的応用一般均衡モデル「RAEM-Light」を用いた道路・港湾整備の効果分析, *土木学会論文集 D3*, Vol.69, No.5, pp.I.283-I.295, 2013.
- [21] 佐藤啓輔, 吉野大介, 小池淳司: 空間的応用一般均衡モデルを用いた中央アジア内陸国における道路整備の経済効果把握, *土木学会論文集 D3*, Vol.70, No.5, pp.I.229-I.240, 2014.
- [22] 石倉智樹: 多国多地域型空間的応用一般均衡モデルによるコンテナ港湾整備政策の国別地域別効果分析, *運輸政策研究*, Vol.17, No.3, pp.15-26, 2014.
- [23] 石倉智樹, 吉川光志: 大都市圏における交通整備評価のための空間的応用一般均衡モデル, *土木学会論文集 D3*, Vol.73, No.4, pp.228-243, 2017.
- [24] Kim, E. and Kim, K.: Impacts of the development of large cities on economic growth and income distribution in Korea: A multiregional CGE model, *Papers in Regional Science*, Vol.82, No.1, pp.101-122, 2003.
- [25] Kim, E., Hewings, G.J.D. and Hong, C.: An Application of an Integrated Transport Network-Multiregional CGE Model: a Framework for the Economic Analysis of Highway Projects, *Economic Systems Research*, Vol.16, No.3, pp.235-258, 2004.
- [26] Haddad, E.A. and Hewings, G.J.D.: Market imperfections in a spatial economy: some experimental results, *The Quarterly Review of Economics and Finance*, Vol.45, No.2-3, pp.476-496, 2005.
- [27] Haddad, E.A., Bonet, J., Hewings, G.J.D., Perobelli, F.S.: Spatial aspects of trade liberalization in Colombia: A general equilibrium approach, *Papers in Regional Science*, Vol.88, No.4, pp.699-732, 2009.
- [28] Kim, E. and Hewings, G.J.D.: An Application of an Integrated Transport Network - Multiregional Cge Model to the Calibration of Synergy Effects of Highway Investments, *Economic Systems Research*, Vol.21, No.4, pp.377-397, 2009.
- [29] Haddad, E.A., Hewings, G.J.D., Perobelli, F.S. and dos Santos, R.A.C.: Regional Effects of Port Infrastructure: A Spatial CGE Application to Brazil, *International Regional Science Review*, Vol.33, No.3, pp.239-263, 2010.
- [30] Haddad, E.A., Hewings, G.J.D., Porsse, A.A., Van Leeuwen, E.S., Vieira, R.S.: The underground economy: Tracking the higher-order economic impacts of the São Paulo Subway System, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol.73, pp.18-30, 2015.
- [31] Tavasszy, L.A., Thissen, M.J.P.M. and Oosterhaven, J.: Challenges in the application of spatial computable general equilibrium models for transport appraisal, *Research in Transportation Economics*, Vol.31, No.1, pp.12-18, 2011.

- [32] 宮城俊彦: 独立した輸送部門をもつ SCGE モデルによる高速道路の経済効果評価, 土木学会論文集 D3, Vol.68, No.4, pp.291-304, 2012.
- [33] 青木優, 森杉壽芳, 武藤慎一, 上泉俊雄, 河野達仁, 福田敦, 東山洋平: 高速道路ネットワーク 9142km の経済効果 -空間的応用一般均衡 (SCGE) アプローチ-, 高速道路と自動車, Vol.58, No.3, pp.16-25, 2015.
- [34] 山崎雅人, 瀬木俊輔, 石倉智樹, 小池淳司: Iceberg 型輸送費用モデルを採用した多部門 SCGE モデルにおける部門分類の問題, 土木学会論文集 D3, 登載決定.
- [35] 瀬木俊輔, 山崎雅人, 石倉智樹, 小池淳司: 応用一般均衡モデルにおける貨物輸送費のモデル化に関する考察と経済効果の関係性について, 土木学会論文集 D3, 登載決定.

付録

目次

7	付属資料	56
---	------	----

7 付録

本研究では計算ソフト MATLAB を用いて分析を行った。
 その際にインプットデータとして与えたファイルを以下に示す。

表 44 財の中間投入額

	地域 1		地域 2		地域 3	
	A	e	A	e	A	e
地域 1A	300	30	200	0	200	0
地域 1e	0	0	0	0	0	0
地域 2A	200	0	300	30	200	0
地域 2e	0	0	0	0	0	0
地域 3A	200	0	200	0	300	30
地域 3e	0	0	0	0	0	0

表 45 最終需要額

	地域 1	地域 2	地域 3
地域 1A	150	100	100
地域 1e	0	0	0
地域 2A	100	150	100
地域 2e	0	0	0
地域 3A	100	100	150
地域 3e	0	0	0

表 46 付加価値額

		1		2		3		1	2	3	T	row
		A	e	A	e	A	e	fd	fd	fd		
	L1	334	39	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L	L2	0	0	334	39	0	0	0	0	0	0	0
	L3	0	0	0	0	334	39	0	0	0	0	0

表 47 輸送サービス生産への投入額

		T
1	A	0
	e	69.6
2	A	0
	e	69.6
3	A	0
	e	69.6
L	L1	0
	L2	0
	L3	0
T	T1-A	0
	T1-e	0
	T2-A	0
	T2-e	0
	T3-A	0
	T3-e	0

表 48 row

		T
1	A	0
	e	0
2	A	0
	e	0
3	A	0
	e	0
L	L1	0
	L2	0
	L3	0
T	T1-A	0
	T1-e	0
	T2-A	0
	T2-e	0
	T3-A	0
	T3-e	0

表 49 輸送サービス投入額

		1		2		3		1	2	3	T	row
		A	e	A	e	A	e	fd	fd	fd		
T	T1-A	6	0.6	20	0	20	0	3	10	10	0	0
	T1-e	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	T2-A	20	0	6	0.6	20	0	10	3	10	0	0
	T2-e	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	T3-A	20	0	20	0	6	0.6	10	10	3	0	0
	T3-e	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表 50 財の総生産額

	地域 1		地域 2		地域 3	
	A	e	A	e	A	e
	1080	69.6	1080	69.6	1080	69.6

謝辞

本研究を行うにあたり，指導教員である石倉智樹准教授，小根山裕之教授，柳原正実助教授，秘書の甲川さんには様々な面でお世話になりました．石倉智樹先生は，専門知識が乏しい私に対し丁寧な指導をしてくださり，研究に対して何度も的確なアドバイスをくださいました．最後の審査会直前には私の言葉にできないほど拙い英語力に絶望させてしまいましたが，最後までご指導頂き本当にありがとうございました．また小根山裕之教授，柳原正実助教授には，中間発表等でたくさんのご意見を頂き研究内容についてより深く考える事ができました．同研究室の D3 リズキーさん，M2 平井君，舟橋君，高君，M 1 の津田君，相澤さん，万さん，には 2 年間を通して大変お世話になりました．1 年間中間発表会等でお世話になった B4 のみなさんにも感謝を申し上げます．

また，中間発表や学会等でお世話になった復建調査設計株式会社の横山様，佐藤様，専門外にもかかわらず副査を引き受けてくださった酒井先生にも多大なる感謝を申し上げます．

あまり研究室に顔を出していなかった私ですが，新歓の幹事だったのに潰れて進行を丸投げしてきた津田君，ゼミ合宿で壁を破壊する山下君，深い深い訳があって彼女に愛想をつかされてしまった植木君等印象に残る学生が多く非常に充実した 1 年間を過ごすことができました．

今年のゼミでは自分が作ったものと極めて類似したスライドや，リンゴのパチモンが多く見受けられました．昨今，盗用に対しての問題意識が高まっております．くれぐれも問題を起こさないように気を付けていただければと思います．

最後に，今日までの学生生活を支えてくださった両親，祖父母を含め，お世話になった全ての方々に多大なる感謝を申し上げます．本当にありがとうございました．

2020 年 2 月 佐々木 武志